

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20005.12—2010

压水堆核电厂用碳钢和低合金钢 第12部分： 主蒸汽系统、主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用无缝钢管

Carbon steel and low alloy steel for pressurized water reactor nuclear power plants - Part 12: Seamless steel pipes for use in main steam systems, feedwater flow control systems, auxiliary feedwater systems and turbine bypass systems

2010-05-01 发布

2010-10-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 订货要求 2

4 制造 3

5 化学成分 4

6 力学性能和工艺性能 4

7 金相检验 8

8 试料保管 8

9 表面质量 8

10 超声检测 8

11 缺陷的清除 9

12 尺寸、外形、重量及允许偏差 9

13 水压试验 11

14 标志、清洁、包装和运输 12

15 质量证明文件 12

附录 A（规范性附录） 钢管和车间的技术评定 13

前 言

NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》与NB/T 20006《压水堆核电厂用合金钢》、NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》、NB/T 20008《压水堆核电厂用其他材料》和NB/T 20009《压水堆核电厂用焊接材料》共同构成了压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列标准。

NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》分为如下几个部分：

- 第1部分：1、2、3级锻件；
- 第2部分：2、3级热交换器管板锻件；
- 第3部分：2、3级辅助泵轴锻件；
- 第4部分：主蒸汽系统、主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用锻、轧件；
- 第5部分：1、2、3级承压铸件；
- 第6部分：反应堆冷却剂泵电动机基座铸件；
- 第7部分：1、2、3级钢板；
- 第8部分：S1、S2级支承件用钢板、型钢和钢棒；
- 第9部分：2、3级无缝钢管；
- 第10部分：用填充金属焊接的2、3级钢管；
- 第11部分：S1、S2级支承件用无缝钢管；
- 第12部分：主蒸汽系统、主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用无缝钢管；
- 第13部分：2、3级热交换器传热管用无缝冷拔钢管；
- 第14部分：2、3级对焊无缝管件；
- 第15部分：用填充金属焊接的2、3级管件；
- 第16部分：主蒸汽系统用弯头。

本部分为NB/T 20005的第12部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分主要参考了RCC-M M1144和M1152(2000年版+2002补遗+2005补遗)，并参考了ASME第III卷NC分篇中的相应要求。本部分与RCC-M M1144和M1152相比，主要技术差异是将化学成分分析、力学性能和工艺性能试验及无损检测按相应的国内标准执行。

本部分由国家能源局提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国核电工程有限公司。

本部分主要起草人：路晓晖、汤美玲、崔岚。

压水堆核电厂用碳钢和低合金钢 第12部分：主蒸汽系统、主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用无缝钢管

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂主蒸汽系统、主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用P280GH低合金钢无缝钢管的化学成分、力学性能和工艺性能、试验方法、检验规则、尺寸、外形及重量等技术要求。

本部分适用于压水堆核电厂主蒸汽系统和主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用P280GH低合金钢热加工或冷加工无缝钢管。

本部分不适用于热交换器传热管。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 223.3 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量
- GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法 (GB/T 223.5—2008, ISO 4829-1:1986, ISO 4829-2:1988, MOD)
- GB/T 223.10 钢铁及合金化学分析方法 铜铁试剂分离—铬天青S光度法测定铝含量
- GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法 (GB/T 223.11—2008, ISO 4937:1986, MOD)
- GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离—二苯碳酰二肼光度法测定铬量
- GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量
- GB/T 223.18 钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离—碘量法测定铜量
- GB/T 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵—三氯甲烷萃取光度法测定铜量
- GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法
- GB/T 223.24 钢铁及合金化学分析方法 萃取分离—丁二酮肟分光光度法测定镍量
- GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法
- GB/T 223.50 钢铁及合金化学分析方法 苯基荧光酮—溴化十六烷基三甲基胺直接光度法测定锡量
- GB/T 223.53 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量 (GB/T 223.53—1987, eqv ISO/DIS 4943: 1986)
- GB/T 223.54 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定镍量 (GB/T 223.54—1987, eqv ISO/DIS 4940: 1986)
- GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠—亚硝酸钠滴定法测定锰量
- GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法
- GB/T 223.61 钢铁及合金化学分析方法 磷钼酸铵容量法测定磷量
- GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量

- GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
- GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法(GB/T 223.64—2008, ISO 10700: 1994, IDT)
- GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法(GB/T 223.67—2008, ISO 10701: 1994, IDT)
- GB/T 223.68 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
- GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法
- GB/T 223.71 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量
- GB/T 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法
- GB/T 223.76 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钒量
- GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法(GB/T 223.85—2009, ISO 4935: 1989, IDT)
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法(GB/T 223.86—2009, ISO 9559: 1989, IDT)
- GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法(GB/T 228—2002, eqv ISO 6892: 1998)
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法(GB/T 229—2007, ISO 148-1: 2006, MOD)
- GB/T 241 金属管 液压试验方法
- GB/T 242 金属管 扩口试验方法(GB/T 242—2007, ISO 8493: 1998, IDT)
- GB/T 246 金属管 压扁试验方法(GB/T 246—2007, ISO 8492: 1998, IDT)
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢火花源原子发射光谱分析方法(常规法)
- GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法(GB/T 4338—2006, ISO 783: 1999, MOD)
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法(GB/T 10561—2005, ISO 4967: 1998, IDT)
- GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差(GB/T 17395—2008, ISO 4200: 1991, ISO 5252: 1991和ISO 1127: 1992, NEQ)
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的制样和取样方法(GB/T 20066—2006, ISO 14284: 1996, IDT)
- NB/T 20003.2—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第2部分: 超声检测
- NB/T 20003.4—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第4部分: 渗透检测
- ANSI/ASME B36.10M 焊接和无缝轧制钢管(welded and seamless wrought steel pipe)

3 订货要求

订货合同上应注明NB/T 20005的本部分号、钢号、所用管道系统的名称和数量等。

订货合同应明确以下技术要求:

- 主蒸汽系统用锻造钢管的交货状态和重新热处理方式;
- 钢管交货后是否还需进行热加工;
- 是否进行金相检验;
- 钢管的尺寸、外形及允许偏差的要求;
- 清洁、包装和运输要求;
- 其他特殊要求。

4 制造

4.1 钢管和车间的技术评定

对主蒸汽系统用锻造无缝钢管，在开始生产前，钢管生产厂应按附录A的要求进行钢管的技术评定和车间评定。

经技术评定合格的钢管可作为最终产品。

4.2 制造工艺规程

4.2.1 主蒸汽系统用锻造钢管

钢管制造厂在开始制造前应制定包括以下内容的制造工艺规程：

- 钢的冶炼方式；
- 钢锭的重量和类型；
- 锭头、锭尾切除百分比；
- 钢管在钢锭中的位置；
- 每次锻造后的钢管草图，该图中给出每次锻造的锻造比和总锻造比；
- 热处理、无损检测和交货时钢管的尺寸图；
- 热处理的工艺；
- 验收试验用试料在钢管上的位置；
- 试样在试料上的位置图。

应按时间顺序列出机加工、无损检测、热处理和取样的操作过程。

4.2.2 主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用管

钢管制造厂应制定制造工艺规程，该规程应包括制造过程中的各个步骤、热处理、表面加工和无损检测等。

4.3 冶炼

钢采用电炉或其他相当的冶炼工艺冶炼。

4.4 钢管制造

制造钢管的钢锭头尾应有足够的切除量，用来消除缩孔和主要偏析。钢锭重量和头尾切除百分比和总锻造比应在交工文件注明。

主蒸汽系统用钢管采用锻造法，钢管的总锻造比应不小于3。

主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管采用热加工或冷加工方法制造，钢管变形过程中的总延伸系数(锻造比)应不小于3。

4.5 交货状态

所有钢管应以正火状态交货。

正火处理应满足以下要求：

- 加热温度：890℃～940℃；
- 保温时间：按每毫米的厚度保温 1min，但不应少于 30min；
- 在空气中冷却。

经供需双方协商，主蒸汽系统用锻造无缝钢管也可采用正火加回火状态交货，钢管的正火、回火处理温度和保温时间应予记录。当钢管需进行回火处理时，回火加热温度应不低于消除应力热处理的温度。

5 化学成分

化学成分应符合表1的规定。

化学成分分析用试样按GB/T 20066的规定制取，分析按照GB/T 223相关部分或GB/T 4336进行，但仲裁分析应按照GB/T 223相关部分执行。熔炼分析每炉进行一次。对主蒸汽系统用锻造钢管逐根进行一次成品分析；对其他系统用P280GH钢管，按批进行一次成品分析。成品分析试样可在力学性能试验的余料上截取。

表1 P280GH 钢管的化学成分

类别	化学成分 ^a （质量分数）/%											
	C	Si	Mn	S	P	Cr ^b	Cu ^c	Mo	Ni	Sn ^c	Al	V
熔炼分析	0.20	0.10~0.35	0.80~1.60	≤0.015	≤0.020	≤0.25	≤0.25	≤0.10	≤0.50	≤0.030	0.020~0.050	提供数据
成品分析	0.22	0.10~0.40	0.80~1.60	≤0.020	≤0.025	≤0.25	≤0.25	≤0.10	≤0.50	≤0.030	0.020~0.050	提供数据
^a 钢管的碳当量(Ceq)应不超过0.48%， $Ceq=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15$ 。 ^b 当钢管用于主给水流量控制系统时，Cr≥0.15%。 ^c 在保证Cu+10Sn≤0.55%时，锡元素的含量上限可提高到0.040%；用于热加工的钢管，应保证Cu≤0.18%，且Cu+6Sn≤0.33%。												

6 力学性能和工艺性能

6.1 力学性能要求

交货状态下钢管的力学性能应符合表2的规定。试料在模拟消除应力热处理后的力学性能也应满足表2的规定。

表2 P280GH 钢管的力学性能

钢管公称壁厚 S/mm	力学性能						
	抗拉强度 [*] R _m /MPa	规定非比例延伸强度 ^c R _{p0.2} /MPa	断后伸长率 [*] A/%	300℃		冲击吸收能量 ^b （0℃） ^e KJ/J	
				R _{p0.2} /MPa	R _m /MPa	平均值	单个最小值
S≥12.5	470~570	≥275	≥21	≥186	≥423	≥60	≥40
8.8<S<12.5						≥45	≥30
6.3<S≤8.8						≥30	≥20
S≤6.3						—	—
[*] 在同一试样上测得的 R _m (A-2)≥10500。 ^b 冲击试验的三个试样中，只允许一个试样的试验结果低于平均值，且不低于单个最小值。 ^c 对主给水流量控制系统用无缝钢管，冲击试验温度为-20℃。 ^e 当 R _{p0.2} 不能测定时，经供需双方协商，可采用 R _{el} 替代。							

6.2 取样

6.2.1 取样位置

6.2.1.1 主蒸汽系统用锻造钢管

应在钢管两端相当于原钢锭头部和尾部的两个试环上截取试料，这些试料应在交货状态的钢管上截取，并进行适当标记。

拉伸试样和冲击试样应取自钢管两个端部相对180°的位置，试样应周向截取，冲击试样的缺口底线应与钢管表面垂直。

试样离钢管热处理端部的距离应不小于钢管壁厚，但不超过40 mm，离交货状态钢管内表面至少20 mm。当钢管不能按上述规定截取试样时，应使试样中心线位于钢管二分之一壁厚处截取。

6.2.1.2 主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管

力学性能和工艺性能试验的试样取自交货状态下钢管的端部，试样轴线应位于钢管壁厚的二分之一处。

当钢管尺寸允许时，拉伸试样和冲击试样应周向截取，当不能周向截取时，允许轴向截取。冲击试样的缺口底线应与钢管表面垂直。

试样离钢管端部的距离应不小于管壁厚，但不超过40 mm。

6.2.2 试料

试料应足够大，以便截取全部试验及复验所需用的试样。

6.3 在代表交货状态钢管的试料上进行的试验

6.3.1 试验项目和数量

6.3.1.1 主蒸汽系统用锻造钢管

钢管按根进行检查和验收，试验项目和取样数量见表3。

表3 P280GH 锻造钢管的试验项目和取样数量

试验项目	试样方向	试样位置	试验温度	试样数量
室温拉伸试验	周向	相当于钢锭头部(冒口)位置	室温	1
		相当于钢锭尾部(水口)位置 *	室温	1
高温拉伸试验	周向	相当于钢锭尾部(水口)位置 *	300℃	1
冲击试验	周向	相当于钢锭头部(冒口)位置	0℃	并排截取 3 个试样
		相当于钢锭尾部(水口)位置 *	0℃	并排截取 3 个试样
* 在相对于钢锭头部(冒口)180°的位置。				

6.3.1.2 主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管

钢管按批进行检查和验收，每批应由同一炉罐号、同一规格、相同的制造工艺和同一热处理制度(炉次)的钢管组成。

每批钢管的数量为：

——对主给水流量控制系统和汽轮机旁路系统用钢管，一批钢管的数量应不超过 50 根；

——对辅助给水系统用钢管，一批钢管的数量应不超过 100 根。
钢管的试验项目和取样数量见表4。

表4 P280GH 钢管的试验项目和取样数量

试验项目	试样方向	试验温度	试样数量
室温拉伸试验	周向或轴向	室温	每批在一根钢管上取一个试样
高温拉伸试验	周向或轴向	300℃	每批在一根钢管上取一个试样
冲击试验	周向或轴向	0℃ ^a	每批在一根钢管上并排截取三个试样
压扁试验	—	室温	逐根
扩口试验	—	室温	逐根 ^b
^a 对主给水流量控制系统，冲击试验温度为-20℃。			
^b 仅对辅助给水系统。			

6.3.2 试验方法

6.3.2.1 室温拉伸试验

室温拉伸试验按GB/T 228的规定进行，当钢管尺寸允许时，应选用该标准中的 $d=10\text{ mm}$ ， $L_0=5d$ 的圆形横截面比例试样。

应记录钢管的断面收缩率，作为资料提供。

如果由于试样存在物理缺陷(但不影响产品的使用性能)，或因试样装夹不妥，或因试验机运行失常而使测试结果不合格，则应用另一试样重新做试验。如果第二次的试验结果合格，则该钢管予以验收。

如果试验结果不合格不是由于上述任一情况引起，可在不合格试样的邻近部位截取双倍数量的试样进行该不合格项目的复验。如果复验结果全部合格，则该批(或根)钢管可以验收；否则，该批(或根)钢管应拒收。

6.3.2.2 高温拉伸试验

高温拉伸试样同室温拉伸试样，试验按GB/T 4338的规定进行。试验时，从试验开始至达到屈服强度期间，试样的应力速率应不超过80 MPa/min。

应记录钢管的断后伸长率和断面收缩率，作为资料提供。

如果试验结果不符合表2的规定，应按6.3.2.1执行。

6.3.2.3 冲击试验

冲击试样采用GB/T 229中的V型缺口冲击试样，冲击试样的尺寸应满足表5的规定。

表5 冲击试样的尺寸

钢管公称壁厚 S/mm	冲击试样尺寸/ mm
$S\geq 12.5$	55×10×10
$8.8<S\leq 12.5$	55×10×7.5
$6.3<S\leq 8.8$	55×10×5

如果冲击试验的结果不符合表2的要求，则该批(或根)钢管应判为不合格。但仅因一个试样的试验结果低于单个最小值而使试验结果不符合要求，其他条件均满足(平均值达到要求，至多一个结果低于

平均值), 则允许在不合格试样取样位置的邻近部位再取三个一组的两组试样进行复验, 若这两组试样的试验结果都符合表2的要求, 则该批(或根)钢管可以验收。否则, 该批(或根)钢管应判为不合格。

6.3.2.4 压扁试验

对主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管, 应按GB/T 246的规定逐根进行压扁试验。试验时将试样放在两个平行板之间压扁至公式(1)计算所得值 H 。试样的长度为钢管壁厚的1.5倍, 但不得短于10mm, 也不应超过50mm。不应用热切割加工试样。

$$H = \frac{(1 + \alpha)S}{\alpha + S/D} \dots\dots\dots (1)$$

- 式中:
- H —力作用下两压板之间的距离, 单位为毫米 (mm);
 - S —钢管公称壁厚, 单位为毫米 (mm);
 - D —钢管公称外径, 单位为毫米 (mm);
 - α —单位长度变形系数, 为0.08。

压扁试验后试样表面不应出现任何裂纹和开裂。

对压扁试验不合格的钢管, 可将不合格钢管剔出。若在一批钢管中, 不合格钢管的数量超过10%, 则整批钢管判为不合格。

6.3.2.5 扩口试验

对辅助给水系统用钢管和公称外径 $D \leq 150\text{ mm}$ 且公称壁厚 $S \leq 10\text{ mm}$ 的钢管应按GB/T 242的规定逐根进行扩口试验。

试验时采用顶角为30°的圆锥顶头进行扩口试验。钢管的外径扩口率为18%。不应用热切割加工试样。

扩口试验后试样表面不应出现任何裂纹和开裂。

对扩口试验不合格的钢管, 按6.3.2.4的规定进行处理。

6.4 在模拟消除应力热处理后的试料上进行的试验

6.4.1 需保证模拟消除应力热处理后力学性能的钢管

对于主蒸汽系统和主给水流量控制系统用钢管, 以及公称壁厚 $S \geq 30\text{ mm}$ 的其他系统的钢管, 在应保证交货状态钢管的力学性能和工艺性能的同时, 还应保证模拟消除应力热处理后的力学性能。

6.4.2 模拟消除应力热处理的工艺

- 性能热处理后截取的试料应按下述规定单独在试验室小型热处理炉中进行模拟消除应力热处理:
- 保温温度为 $605^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
 - 保温时间按每毫米保温 6min 累计计算。但对主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管, 保温时间不应少于 2 h; 主蒸汽系统用锻造钢管, 保温时间不应少于 3 h。
- 在温度超过400℃时的加热和冷却速率应符合以下规定:
- 当钢管的公称壁厚 $S \leq 25\text{ mm}$ 时, 不超过 220°C/h ;
 - 当钢管的公称壁厚 $S > 25\text{ mm}$ 时, 不超过按公式(2)计算的结果和 55°C/h 中的较大值。

$$\frac{220}{S} \times 25^{\circ}\text{C/h} \dots\dots\dots (2)$$

6.4.3 试验方法

在模拟消除应力热处理后的试料上应进行室温拉伸试验、高温拉伸试验和冲击试验。这些试验的试验数量、取样方向和试验温度应符合6.3.1的规定。

按6.3.2的规定进行试验。

6.5 重新热处理

6.5.1 主蒸汽系统用锻造钢管

如果交货状态钢管或在模拟消除应力热处理后试料的一项或几项力学性能不合格,经供需双方协商,该钢管可进行提高回火温度或延长保温时间的补充回火。补充回火的条件应在热处理记录中注明。

如果交货状态钢管或模拟消除应力热处理后试料的一项或几项力学性能不合格或补充回火后性能仍不合格,该钢管可重新进行性能热处理。

6.5.2 主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管

如果交货状态钢管或模拟消除应力热处理后试料的任意一项力学性能或工艺性能不合格,该钢管可重新进行性能热处理。重新热处理的条件应在热处理记录中注明。

6.5.3 重新热处理后的检验

补充回火或重新热处理后应进行除化学分析和非金属夹杂物以外的所有检验。

重新热处理只允许进行一次。

7 金相检验

当设备技术规格书或订货合同中有规定时,钢管应进行晶粒度和非金属夹杂物的测定,钢管的晶粒度和非金属夹杂物的验收等级由订货双方协商决定。

晶粒度按GB/T 6394的规定进行测定,非金属夹杂物按GB/T 10561的规定进行测定。

8 试料保管

力学性能、工艺性能试验和金相检验(如要求)剩余试料和试验后的试样应由供货商保管,从钢管验收之日起至少保留12个月。

9 表面质量

交货状态钢管内外表面的氧化皮应予以清除。钢管表面应完好无损,不允许有裂纹、裂缝、刮痕、褶皱、金属条纹及其他有损于钢管使用能力的缺陷存在。当有疑问时,钢管应按NB/T 20003.4—2010的规定进行渗透检测。

渗透检测的验收准则按NB/T 20003.4—2010中8.1.2的规定执行。当钢管存在拒收的显示时均应被剔出或进行清除,清除时按第11章的要求执行。

10 超声检测

10.1 主蒸汽系统用锻造钢管

10.1.1 检验方法

应按NB/T 20003.2—2010的规定和下列要求，对钢管逐根进行超声检测：

- 用直探头按 NB/T 20003.2—2010 第 14 章中对 III 型锻件的要求进行 100%扫查；
- 用斜探头按 NB/T 20003.2—2010 第 17 章中的规定进行超声检测。

10.1.2 检验范围和检验阶段

超声检测应在钢管按4.5规定的热处理后进行，钢管的整个体积均需进行检测。

10.1.3 信号的记录、评定的验收准则

按NB/T 20003.2—2010的规定进行记录和评定。

钢管的验收准则如下：

- 直射法：按 NB/T 20003.2—2010 中 14.7 的规定进行，按质量 II 级验收；
- 斜射法：按 NB/T 20003.2—2010 中 17.14 的规定进行。

10.2 主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管

10.2.1 检验方法

钢管应在交货状态下按NB/T 20003.2—2010 第17章中的规定逐根进行超声检测。对公称外径小于 20 mm的钢管，也应在内表面加工人工参考反射体。

10.2.2 检验范围

钢管的整个体积均需进行超声检测，对不能在自动检测台上有效检测的钢管端部，应予以切除，或是在至少大于100 mm的长度上作手工检测，且对比试块应与自动检测时所用的对比试块相同。

10.2.3 信号的记录、评定的验收准则

按NB/T 20003.2—2010中17.14的规定进行记录和评定。

11 缺陷的清除

表面质量检查和渗透检测中发现的缺陷均应予以清除。

缺陷应通过磨削或其他机加工方法予以清除，清除缺陷后的钢管尺寸应保持在规定的公差范围内。不应用焊补法修补钢管表面缺陷。钢管打磨后应按第9章的规定进行渗透检测，以确保缺陷被完全清除。

12 尺寸、外形、重量及允许偏差

12.1 尺寸、外形及重量

主蒸汽系统用锻造钢管的尺寸、外形及重量应符合图纸和订货合同的规定。

主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管的尺寸、外形及重量应符合ANSI/ASME B36.10M或GB/T 17395的规定。

经供需双方协商，也可以供应其他尺寸规格的钢管。

12.2 允许偏差

12.2.1 主蒸汽系统用锻造钢管

主蒸汽系统用锻造钢管的尺寸、外形及重量的允许偏差应符合图纸和订货合同的规定。

12.2.2 主给水流量控制系统、辅助给水系统和汽轮机旁路系统用钢管允许偏差

12.2.2.1 外径允许偏差

外径允许偏差见表6。
经供需双方协商，钢管的外径允许偏差也可按订货合同的规定。

表6 钢管的外径允许偏差

钢管加工方式	公称外径 D	允许偏差
	$D \leq 63.5$	$\pm 0.50 \text{ mm}$
热加工钢管	$63.5 < D \leq 114.3$	$\pm 0.75\% D$
	$D > 114.3$	$\pm 1\% D$
冷加工钢管	$D \leq 50 \text{ mm}$	$\pm 0.25 \text{ mm}$
	$D > 50 \text{ mm}$	$\pm 0.50\% D$
对外径 $D > 88.9 \text{ mm}$ 的冷加工钢管，外径允许偏差由供需双方协商决定。		

12.2.2.2 壁厚允许偏差

热加工钢管的壁厚允许偏差为 $\pm 12.5\% S$ 和 $\pm 0.4 \text{ mm}$ 中的较大值。
冷加工钢管的壁厚允许偏差为 $\pm 10\% S$ 。
另外，在没有修整过的任何一个横截面上，厚度的变化不应超过表7的要求。

表7 横截面上厚度偏差

钢管加工方式	厚度偏差		
	$S \leq 25$	$25 < S \leq 40$	$S > 40$
热加工管	$0.20 S$	6 mm	$0.15 S$
冷加工管	$0.15 S$	—	—
注： S ——钢管公称壁厚，单位为毫米（mm）			

12.2.2.3 椭圆度

钢管的椭圆度不应大于表6中规定的外径允许偏差，用修磨或机加工去除缺陷后，局部外径可小于允许的最小外径，但壁厚应保证在允许的范围之内。

12.2.2.4 钢管长度和全长允许偏差

钢管以垂直端面交货，交货长度为 $3.5 \text{ m} \sim 8 \text{ m}$ 。其中，公称壁厚小于或等于 20 mm 的钢管，85%的供货长度应等于或大于 5 m 。当买方有要求时，可用精确长度交货。
钢管以精确长度交货时，允许偏差应符合表8的规定。经供需双方协商，也可以供应其他长度的钢管。

表8 钢管长度允许偏差

钢管公称外径 D/mm	钢管长度允许偏差/ mm	
	钢管长度 $L\leq 7500\text{ mm}$	钢管长度 $L> 7500\text{ mm}$
<88.9	L_0^{+5}	$L_0^{+5+0.1\%(L-7500)}$
≥ 88.9	L_0^{+10}	$L_0^{+10+0.1\%(L-7500)}$

12.2.2.5 钢管的弯曲度

钢管的每米弯曲度应不超过3 mm。
钢管的全长弯曲度应符合表9的规定。

表9 钢管全长弯曲度

公称外径 D/mm	钢管长度 L/mm	钢管的全长弯曲度/ mm
$D<168.3$	$L<4000$	$\leq 0.2\%L$
	$4000\leq L<6000$	≤ 8
	$L\geq 6000$	$\leq 8+0.1\%(L-6000)$
$D\geq 168.3$	$L<8000$	$\leq 2+0.1\%L$
	$8000\leq L<10000$	≤ 10
	$L\geq 10000$	$\leq 0.1\%L$

12.2.2.6 钢管的重量偏差

钢管按实际重量交货，交货钢管的实际重量与理论重量的允许偏差为：
——热加工钢管为 $\pm 7.5\%$ ；
——冷加工钢管为 $\pm 6\%$ 。

钢管的理论重量按ANSI/ASME B36.10M或GB/T 17395中的规定执行。
经供需双方协商，钢管的交货重量也可按订货合同的规定。

12.3 钢管的尺寸和重量检查

对每根钢管按12.1的规定进行尺寸和外形检查。
按订货合同的规定对钢管的重量进行检查。

13 水压试验

每根钢管均应按GB/T 241的规定进行水压试验。水压试验压力按公式(3)计算，但试验压力不应超过50MPa。

$$P=\frac{2RS}{D} \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 P —试验压力，单位为兆帕（MPa）；

S —钢管公称壁厚,单位为毫米(mm);

D —钢管公称外径,单位为毫米(mm);

R —允许应力,规定为表2中抗拉强度 R_m 最小值的40%,单位为兆帕(MPa)。

在试验压力下,耐压时间应不小于15s,钢管不应出现漏水或渗漏。

14 标志、清洁、包装和运输

标志、清洁、包装和运输按订货合同的规定。

15 质量证明文件

钢管制造厂在交货时至少应提交下列文件:

- 熔炼分析和成品分析报告;
- 热处理(包括重新热处理)记录;
- 力学性能和工艺性能试验(包括复验)报告;
- 金相检验报告(如需要);
- 表面质量检查报告;
- 无损检测报告,包括渗透检测和超声检测;
- 水压试验报告;
- 尺寸、外形及重量检查报告。

这些报告至少应包括:

- 制造厂名;
- 订货合同号;
- 钢号、炉批号、钢管数量;
- 检验机构名称;
- 试验、复试及重新热处理后试验的结果和规定值。

附 录 A
(规范性附录)
钢管和车间的技术评定

A.1 目的

本附录的目的是确定钢管制造车间的生产能力和钢管制造程序的适用性,以保证钢管适合于预期的使用要求,保证本部分中规定的验收试验和准则对钢管整体而言是具有代表性的。

A.2 概述

制造厂按规定的制造程序生产钢管前,应进行下述评定:

- a) 钢管的技术评定按 A.3 进行;
- b) 车间评定按 A.4 进行。

在同一公司内更换车间经 A.4 评定合格后,可不再要求作钢管的技术评定。

A.3 钢管的技术评定

A.3.1 适用范围

本评定用来检验按规定程序制造的钢管,以证明其制造工艺的合理性及其使用条件下的适用性。确定钢管各项性能的检测时机,特别是其特殊要求和可检测性。

A.3.2 评定报告

钢管在采购前应给出评定报告,报告中应给出本章所规定的信息。评定报告应由钢管制造厂编写,至少包括以下文件:

- a) 制造程序(见 A.3.5);
- b) 钢管性能检验的试验规程(见 A.3.6);
- c) 各项试验的检验结果。

对已按类似制造程序生产出相似钢管的有经验的制造厂,试验项目和数量可以适当的缩减,评定报告可以用以前的存档资料予以补充。

A.3.3 评定的有效性

对评定报告应说明当钢管制造厂改变任何一个影响评定的因素或参数时,需对这一改变可能产生的后果做出评价。

根据评价结果,可给出以下不同结论:

- a) 评定继续有效;
- b) 进行补充检验后,评定继续有效;
- c) 钢管应进行重新评定。

A.3.4 材料

材料牌号,采购方和设备制造商应以设计准则为基础考虑材料的各项要求,包括尺寸规格、加工制造(可焊性)和使用工况给定材料牌号。

A.3.5 制造程序

钢管制造厂认为能直接影响到钢管质量的“主要参数”,应详细说明并列入制造程序。

在某些特殊的情况下,采用这些要求有困难时,制造厂应通报,并可相应地修改制造程序。

制造厂应在制造程序中规定一些特殊要求(检验和/或控制程序),以保证钢管的质量,特别是保证钢管没有裂纹、偏析裂纹等缺陷。

制造程序中应至少包括以下内容:

- a) 原材料;
- b) 冶炼工艺;
- c) 化学成分的目标值;
- d) 钢锭的重量和类型;
- e) 头尾切除的最小百分率;
- f) 钢管在钢锭中的位置;
- g) 按时间先后排列出各工序:
 - 冶炼工艺(如果进行重熔,包括钢锭的性能);
 - 锻造或热轧,管坯的剥皮;
 - 机加工;
 - 穿孔(如果需要);
 - 轧制或冷拔;
 - 热处理;
 - 试料截取;
 - 精整(矫直、弯曲、切割、打磨、抛光、清洁);
 - 无损检测。
- h) 中间热处理和最终性能热处理工艺;
- i) 试料上截取试样的位置图。

A.3.6 钢管性能的检验

应按上述规定对钢管进行各项检验,用于:

- a) 验证钢管的内部质量;
- b) 评定钢管化学成分和力学性能的均匀性;
- c) 仔细研究制造程序中规定的特殊区域,必要时,获得这些区域材料性能的有效数据;
- d) 保证验证试验具有代表性,并保证无损检测方法适应钢管的形状和适应由该制造工艺产生的各类缺陷。

A.3.7 验收试验

收集到数据后,可以确定:

- a) 本部分的验收试验可用来证明钢管质量的均匀性;
- b) 本部分中的验收准则已考虑到制造中的偶然性,实际要求和最佳经济效益。

应重视和考虑钢管技术评定和验收试验两者之间的关系,评定试验可以采用不同于采购规范中最初规定的验收试验。

A.4 车间评定

A.4.1 适用范围

评定的目的是要检验制造厂有足够的制造出合格的产品(必要时应对制造工艺进行评定),合格产品在满足本部分的各项要求时应有适当的裕度。

A.4.2 评定报告

按本部分制造钢管的车间,在供货前应提供评定报告。该报告由钢管制造厂提供,并按A.4.3~A.4.6的要求提供数据或资料的详细说明。

A.4.3 评定的有效性

在制造厂的评定报告中应包括A.4.4~A.4.6的各项内容。对于车间评定中任何因素的改变或调整,当它有可能影响到其所涉及的钢管的技术评定时,制造厂应对它的改变和调整可能带来的影响进行评价。

在制造厂的评价报告中应可给出以下不同结论:

- a) 评定继续有效或扩大适用范围;
- b) 进行一定数量的补充检验后,评定继续有效或扩大适用范围;
- c) 车间应重新评定。

A.4.4 设备

制造车间应具备符合要求的设备。

应提供下列设备的说明(包括所在位置的说明):

- a) 冶炼和压力加工用的主要设备;
- b) 热处理设备;
- c) 破坏性检验和无损检测设备;
- d) 化学分析和金相检验的主要设备。

如果制造厂的车间没有装备相应的热处理和检验设备,制造厂应在评定报告中注明分包商从事相关活动具备的条件,并提供有关使用方面的资料。

A.4.5 人员和编制

所有人员应具有相应的技能和资格,并受雇于制造厂。

A.4.6 制造经验

A.4.6.1 制造

对每种冶炼工艺和钢管的加工过程应提供以下资料:

- a) 能生产的钢管的重量(按材料牌号或钢种给出);
- b) 钢管的外形和允许的尺寸(重量、厚度、长度等);
- c) 新产品的主要用户和主要用途;
- d) 通常使用的技术规范类型(规范、标准、规则等)。

制造厂制造的产品(必要时经过评定),应尽量同其主要产品及其同类型产品(牌号、尺寸、成形方法)类似。

A.4.6.2 研发能力

应以下述方式给出影响供货的现行和预期进行的研发工作：

- a) 研发能力简介；
- b) 材料的研究与开发；
- c) 出版物。



中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆核电厂用碳钢和低合金钢
第 12 部分：主蒸汽系统、主给水流量控
制系统、辅助给水系统和汽轮机
旁路系统用无缝钢管

NB/T 20005.12-2010

*

原子能出版社出版
核工业标准化研究所发行
北京海淀区颐子营 1 号院
邮政编码：100091

电 话：010-62863505

总装备部军标出版发行部印刷车间印刷

版权专有 不得翻印

*

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—200